PART4 傾度風と地上風

目標　等圧線の曲がり方が大きな場所や地表付近における風の吹き方について，説明することができる。

Chapter1　傾度風

地衡風は中～高緯度上空のほとんどの風をうまく表していますが，条件によっては地衡風では考えなかった力が重要となります。ここでは，そのような例の 1 つとして，傾度風について学びましょう。

傾度風

・傾度風とは

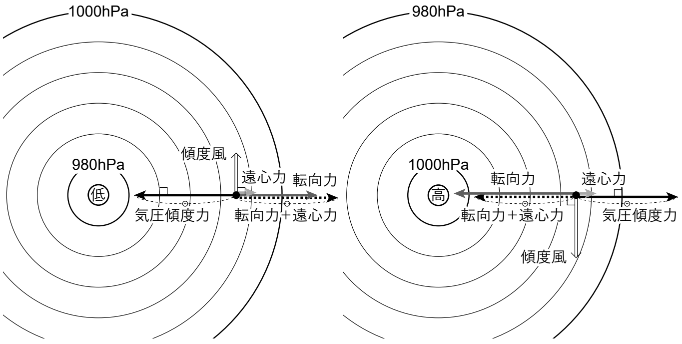
高度約 1km 以上の上空で，等圧線の曲がり方が大きいときについて考える。このとき，摩擦力の大きさは非常に小さいので無視することができるが，遠心力は無視することができない。よって，気圧傾度力，転向力，遠心力の合力が $\vec{0}$ である，つまり，これら 3 つの力がつり合っているとみなすことができる。このような状態で吹く風を**傾度風**という。

知っておこう

等圧線の曲がっている場所といえば低気圧や高気圧のまわりですが，等圧線の間隔や曲がり方はさまざまです。等圧線の間隔が大きく，ゆるやかな弧を描いているときは，遠心力が非常に小さいので地衡風が十分よい近似となります。このことについて，詳しくは演習問題で扱います。

・傾度風の吹き方

遠心力は円運動の中心と反対方向にはたらき，これは等圧線と（平行 / 垂直）な向きの 1 つである。よって，遠心力は気圧傾度力と同じ向きか正反対の向きのいずれかにはたらく。



知っておこう

左の図は，北半球の低気圧や高気圧を模式的に表したものです。南半球では風と転向力の向きの関係が北半球とは逆になるため，同じ気圧配置でも風の円運動が逆回りになります。

→傾度風は（等圧線と平行に / 等圧線を横切って）吹き，北半球において低気圧のまわりでは（時計回り / 反時計回り），高気圧のまわりでは（時計回り / 反時計回り）である。

・傾度風の風速

転向力の大きさは風速と（比例 / 反比例）する。そのため，気圧傾度力が同じとき，風速は次のように整理できる。

	地衡風	傾度風〔低気圧〕	傾度風〔高気圧〕
転向力の大きさ	気圧傾度力と等しい	気圧傾度力より（大 / 小）	気圧傾度力より（大 / 小）
風速	中	（大 / 小）	（大 / 小）

知っておこう

低気圧に風が吹き込まず，高気圧から風が吹き出さないというのは不思議な感じがするかもしれません。

しかし，力の向きを考えた結果からわかるように，気圧傾度力，転向力，遠心力のみを考えたときには風が等圧線を横切りません。風が等圧線を横切るのは，摩擦力のはたらく場所に限られるのです。

まとめ

・高度約1km以上の上空で等圧線の曲がり方が大きいとき，空気塊にはたらく気圧傾度力，転向力，＿＿＿＿＿がつり合った状態で等圧線と平行に風が吹く。
・そのような風を＿＿＿＿＿といい，北半球において＿＿＿＿＿のまわりでは時計回り，＿＿＿＿＿のまわりでは反時計回りに吹く。
・その風速を地衡風の風速とくらべると，気圧傾度力が同じであれば＿＿＿＿＿のまわりでは大きく，＿＿＿＿＿のまわりでは小さい。

Chapter2　地上風

ここまでに考えた風は，いずれも上空の風でした。ここでは，地上付近の風について学びましょう。

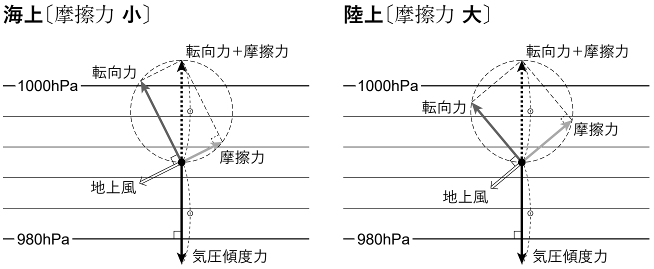
地上風

・地上風とは

高度約 1km 以内の地上付近で，等圧線が直線状になっているときについて考える。このとき，遠心力の大きさは非常に小さいので無視することができるが，摩擦力は無視することができない。よって，気圧傾度力，転向力，摩擦力の合力が $\vec{0}$ である，つまりこれら 3 つの力がつり合っているとみなすことができる。このような状態で吹く風を**地上風**という。

・地上風の吹き方

地上風では摩擦力と転向力の合力が気圧傾度力とつり合っているため，転向力の向きは等圧線と垂直でなく，風の向きは等圧線と平行でない。



知っておこう

左の図は，北半球の地上風の力のつり合いを模式的に表したものです。南半球では風と転向力の向きの関係が北半球とは逆になるため，同じ気圧配置でも風が左から右に向かうように吹きます。

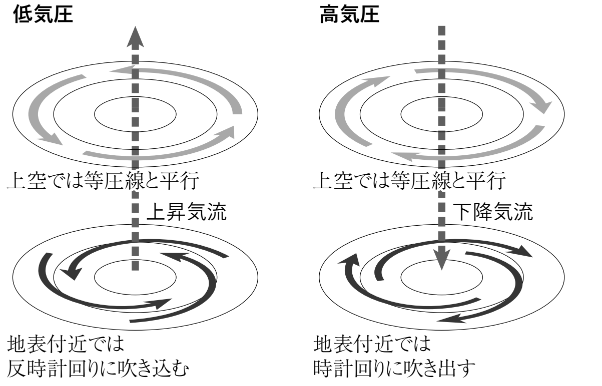
→地上風は等圧線を（高圧側から低圧側 / 低圧側から高圧側）に横切って吹き，地上風が等圧線となす角は海上よりも陸上の方が（大きい / 小さい）。

・低気圧や高気圧のまわりを吹く地上の風

等圧線が直線状であるときと同様に，等圧線が大きく曲がっているときも，地上付近では摩擦力を無視できない。

そのため，低気圧のまわりの地上付近では風が等圧線を横切って(中心へと吹き込む / 外側に吹き出る)。これに伴って，中心付近の上空には（上昇気流 / 下降気流）が生じる。

また，高気圧のまわりの地上付近では風が等圧線を横切って（中心へと吹き込む / 外側に吹き出る)。これに伴って，中心付近の上空には（上昇気流 / 下降気流）が生じる。



まとめ

・高度約 1km 以内の地上付近で等圧線が直線状であるとき，空気塊にはたらく気圧傾度力，転向力，________がつり合った状態で風が吹く。

・この風は_______側から_______側へと等圧線を横切るように吹き，この風が等圧線となす角は海上よりも陸上の方が________。

・低気圧のまわりの地上付近では風が等圧線を横切って中心へと吹き込み，中心付近の上空には_______気流が生じる。

・高気圧のまわりの地上付近では風が等圧線を横切って外側へと吹き出し，中心付近の上空には_______気流が生じる。

Chapter3　演習問題

ここでは，傾度風の性質について確認しましょう。

問題⑴　傾度風の力のつり合いについて述べた次の文章中の空欄［　**ア**　］に入る式を答えましょう。式には文章中にある文字を用いてください。ただし，v は風速，Ω は地球の自転角速度，ϕ は緯度，r は円運動の半径です。

単位質量の空気塊にはたらく転向力と遠心力の大きさを，それぞれ a_C，a_F とする。

$$a_C = 2v\Omega\sin\phi$$

$$a_F = \frac{v^2}{r}$$

と表せるので，単位質量の空気塊にはたらく遠心力の大きさの転向力の大きさに対する比の値を R_{FC} とおくと，

$$R_{FC} = \frac{a_F}{a_C}$$

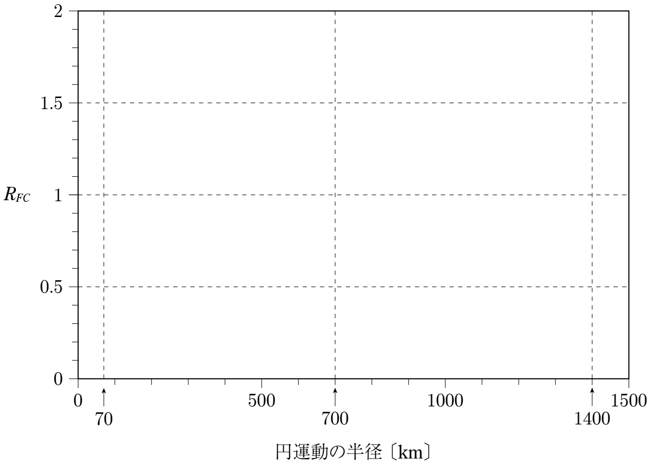
$$= [\quad \textbf{ア} \quad]$$

である。

問題⑵　**問題⑴**の結果について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。また，空欄［　**イ**　］に入る数値を上から 1 桁の概数で答えましょう。ただし，緯度 30°の地点について考え，地球の自転角速度を 7×10^{-5} rad/s とします。

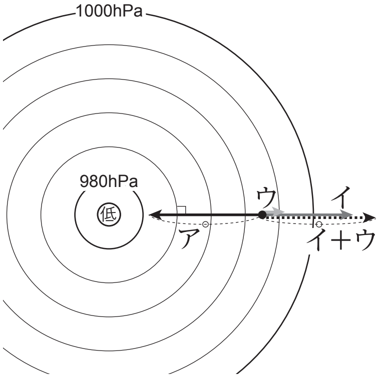
問題⑴の結果より，風速が 5m/s，円運動の半径が 700km のとき，遠心力の大きさは転向力の大きさの約［　**イ**　］倍である。また，単位質量の空気塊にはたらく遠心力の大きさの転向力の大きさに対する比の値は風速に（比例 / 反比例）し, 円運動の半径に（比例 / 反比例）する。

問題⑶　**問題⑵**の結果を用いて，風速が 5m/s，50m/s のそれぞれのときについて，横軸に円運動の半径，縦軸に R_{FC} をとったグラフを描きましょう。また，それらのグラフを参考に，遠心力を無視して地衡風の力のつり合いを考えてよいのはどのような場合かを考えて簡潔に答えましょう。



第 14 講 PART4 確認問題

問 1 下の図は，北半球での低気圧において，高度約 1 km 以上の上空の空気塊にはたらく 3 つの力ア～ウがつり合って風が吹いているようすを表している。



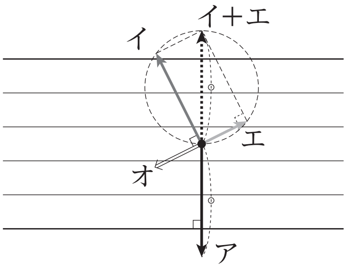
(1) 図のア～ウにあてはまる力の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ア：気圧傾度力 イ：転向力 ウ：遠心力
② ア：気圧傾度力 イ：遠心力 ウ：転向力
③ ア：転向力 イ：気圧傾度力 ウ：遠心力
④ ア：転向力 イ：遠心力 ウ：気圧傾度力

(2) このときに吹く風の名称と向きの組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 名称：地衡風 向き：等圧線と平行に時計回り
② 名称：地衡風 向き：等圧線と平行に反時計回り
③ 名称：傾度風 向き：等圧線と平行に時計回り
④ 名称：傾度風 向き：等圧線と平行に反時計回り

問2　下の図は，北半球の高度約 1km 以内の地上付近で，等圧線が平行な直線状になっているときの風の吹き方を模式的に表したものである。



(1)　エの力とオの風の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　エ：摩擦力　　オ：地衡風
②　エ：摩擦力　　オ：地上風
③　エ：遠心力　　オ：地衡風
④　エ：遠心力　　オ：地上風

(2)　オの風は，等圧線を横切って，(　カ　) に吹き，等圧線となす角は，(　キ　) が大きくなる。
空欄カ，キに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　カ：高圧側から低圧側　　キ：海上より陸上
②　カ：高圧側から低圧側　　キ：陸上より海上
③　カ：低圧側から高圧側　　キ：海上より陸上
④　カ：低圧側から高圧側　　キ：陸上より海上

問3　北半球で，高気圧のまわりの地上付近で吹く風に関する説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　中心に向かって時計回りに吹き込む。
②　中心に向かって反時計回りに吹き込む。
③　外側に向かって時計回りに吹き出す。
④　外側に向かって反時計回りに吹き出す。

第 14 講　大気の運動

PART1　地上天気図と等圧面天気図

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　大きく，背が低い，低い，低緯度側

PART2　空気塊にはたらく力

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　【※図参照】

問題(4)　【※図参照】

PART3　地衡風

問題(1)　低い，北向き，南向き，右向き，西から東，西風

問題(2)　半分，２倍，気圧傾度，比例，２倍

PART4　傾度風と地上風

問題(1)　ア：$\dfrac{v}{2r\Omega\sin\phi}$

問題(2)　イ：0.1，比例，反比例

問題(3)　【※図参照】

円運動の半径が大きく等圧線が直線に近いときや，風速が小さいとき

PART5　局地風

問題(1)　温まりやすい，高温，小さい，陸面，低温

問題(2)　大きい，大きい，低圧，高圧，高圧側から低圧側

問題(3)　南側，東西

PART6　季節風

問題(1)　低温，上昇，低気圧，下降，高気圧，北より，北より

問題(2)　高温，下降，高気圧，上昇，低気圧，南より，西より

問題(3)　熱帯収束帯，温帯低気圧，停滞前線

PART7　熱帯低気圧と台風

問題(1)　積乱雲，摩擦力，反時計回り

問題(2)　狭く，強い，17

問題(3)　南風，北風，南風，北風，反時計回り，
時計回り，高気圧，低気圧，高気圧，
15℃，高い，潜熱

PART8　偏西風波動と温帯低気圧

問題(1)　ア：$\frac{1}{2}Sh\rho_1$　イ：$\frac{1}{2}Sh\rho_2$　ウ：$\frac{1}{4}Sh^2g\rho_1$　エ：$\frac{1}{4}Sh^2g\rho_2$
オ：$\frac{1}{8}Sh^2g\rho_1$　カ：$\frac{3}{8}Sh^2g\rho_2$　キ：$\frac{1}{8}Sh^2g(\rho_1-\rho_2)$

問題(2)　低温側から高温側，寒気，高温側から低温側，暖気，
西側，東側，発達する

PART9　高気圧

問題(1)　亜熱帯高圧帯，ハドレー循環，放射冷却

問題(2)　3～5km，1～2km

第 14 講　PART4　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：
気圧傾度力, 転向力, 遠心力の 3 つの力がつり合っている。遠心力は円運動の中心と反対の向きにはたらく。

（2）　④

解説：
気圧傾度力，転向力，遠心力の 3 つの力がつり合っているような状態で吹く風を傾度風という。

問 2

（1）　②

解説：
気圧傾度力，転向力，摩擦力の 3 つの力がつり合っているような状態で吹く風を地上風という。

（2）　①

解説：
地上風は等圧線を高圧側から低圧側に横切って吹き，地上風が等圧線となす角は海上よりも陸上の方が大きい。

問 3　③

解説：
高気圧のまわりの地上付近の風は，等圧線を横切って外側へと吹き出し，中心付近の上空には下降気流が生じる。
低気圧のまわりの地上付近の風は，等圧線を横切って中心へと吹き込み，中心付近の上空には上昇気流が生じる。